研究实现光偏振梯度离子纠缠门

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/37613.html

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

研究实现光偏振梯度离子纠缠门。中国科学技术大学郭光灿院士团队的李传锋、黄运锋、崔金明等人，实现了基于紧聚焦光偏振梯度的高保真离子纠缠门。该方案简化了当前的纠缠门操作配置，并与离子光镊架构兼容，对于大规模离子阱量子计算具有重要意义。2025年12月24日，研究成果发表于《物理评论快报》，并入选编辑推荐文章。

离子阱量子系统因其超高的操作保真度和相干性，成为构建大规模量子计算机的主流物理平台之一。基于离子阵列的量子计算架构，借助光学并行寻址离子比特的方式构建量子处理器并执行量子线路，具有高连通性和并行计算效率的优势。然而，该架构的规模化面临着原理层面的挑战：离子阵列中密集声子模式导致的离子门串扰，难以直接在大规模离子阵列上实现高保真度的纠缠门。近年来，国际上提出了利用紧聚焦光镊阵列调控离子声子谱的方法来解决声子串扰问题，但在光学寻址的离子阱量子计算机中展示光镊门仍面临一系列挑战，尚未取得突破性进展。

团队在离子阱量子计算上进行了多年创新性研究和自主研发。在前期研究工作的基础上，此次研究创新性地实现了一种基于光学马格努斯效应的量子纠缠门方案：类似于流体中的马格努斯效应，自旋离子在聚焦的光流（光镊）中会受到横向（垂直于光传播方向）的力。该方案通过利用紧聚焦激光的横场梯度分布，依赖离子状态的推动效应，在离子间建立起量子纠缠。这一方法摒弃了传统的复杂对向激光束配置，大大简化了实验装置，降低了操作的复杂性。研究团队在镱离子阱两离子链中实现了高达98.7%的贝尔态保真度，在四离子链中的贝尔态保真度也超过了97.2%。这一量子门具有高保真度的特性，理论上可达到99.99%以上的保真度。团队分析和讨论了实验中退保真度的主要来源，未来有望将保真度提升一个量级以上。

这项技术的创新之处在于其与光镊门的良好兼容性——因为光镊操作本身就是横向运动，并且显著简化了光路配置，使得光镊门方案在实验上具有极高的可行性，为实现大规模、可扩展的离子阱量子计算提供了更简洁、更灵活的路径。

期刊审稿人对该工作给予高度评价：该论文展示了光镊与线性离子链的成功结合，提出了一种巧妙而强大的机制，通过它可以在任意离子对之间实现两比特门操作……实现这一类型量子门的结果令人鼓舞，该方法解决了离子阱量子计算规模化中的一个重要挑战……。（来源：中国科学报 王敏）

相关论文信息：https://doi.org/10.1103/w5l6-wmrl

作者：郭光灿等 来源：《物理评论快报》

更多 科学进展 请访问 https://www.iikx.com/news/progress/

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，爱科学iikx.com转发